

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-62070
(P2002-62070A)

(43) 公開日 平成14年2月28日 (2002.2.28)

| (51) Int.Cl. ⁷ | 識別記号 | F I | テマコード [*] (参考) |
|---------------------------|-------|---------------|-------------------------|
| F 2 8 D 15/02 | 1 0 3 | F 2 8 D 15/02 | 1 0 3 B |
| | 1 0 2 | | 1 0 2 G |
| | 1 0 4 | | 1 0 4 C |

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願2000-248427 (P2000-248427)

(22) 出願日 平成12年8月18日 (2000.8.18)

(71) 出願人 000183369

住友精密工業株式会社
兵庫県尼崎市扶桑町1番10号

(72) 発明者 河野 広明

兵庫県尼崎市扶桑町1番10号 住友精密工業株式会社内

(72) 発明者 千竈 充也

兵庫県尼崎市扶桑町1番10号 住友精密工業株式会社内

(74) 代理人 100075535

弁理士 池条 重信 (外1名)

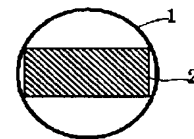
(54) 【発明の名称】 熱伝導体並びに熱交換器

(57) 【要約】

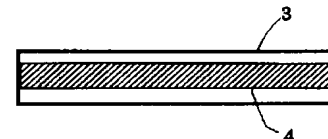
【課題】 従来のヒートパイプと比較して一層熱伝導性にすぐれ、比較的大径のものから数mm程度の極めて小径でかつ長尺、あるいは板状、管状などの種々形状、寸法の熱伝導体を容易に構成できるほか、種々用途の熱交換器を容易に構成できる新規な高性能熱伝導体と熱交換器の提供。

【解決手段】 シリコン基板にエッチングにて多数の微細溝を設けてから所要幅の線材や棒材に加工し、さらにこの素材表面を親水性化することにより、素材寸法からは想定できないほどの膨大な表面積の全てを親水性化でき、この親水性表面を有する伝熱通路体をヒートパイプの熱伝導体として用いることで、熱伝導性を著しく向上できる。

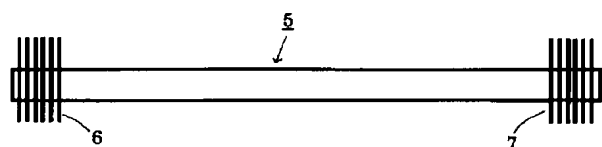
A



B



C



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 多数の微細溝が設けられて親水性化した表面を有する伝熱通路体を内蔵した容器構成で、前記伝熱通路体表面に沿って移動可能に減圧下で保持された気液流体が主な伝熱媒体となる熱伝導体。

【請求項 2】 伝熱通路体の材質がシリコンである請求項 1 に記載の熱伝導体。

【請求項 3】 容器内表面が親水性化された請求項 1 に記載の熱伝導体。

【請求項 4】 多数の微細溝が設けられて親水性化した表面を有する伝熱通路体を内蔵した容器構成で、前記伝熱通路体表面に沿って移動可能に減圧下で保持された気液流体が主な伝熱媒体となり、受熱手段と放熱手段を有する熱交換器。

【請求項 5】 伝熱通路体の材質がシリコンである請求項 4 に記載の熱交換器。

【請求項 6】 容器内表面が親水性化された請求項 4 に記載の熱交換器。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】この発明は、簡単な構成で優れた熱伝導性を有し、例えば小径で長尺の熱伝導体を形成できるほか、種々の熱交換器を容易に構成できる高性能熱伝導体並びに熱交換器に関する。

【0002】

【従来の技術】高性能な熱伝導体として、ヒートパイプが多用されている。所要の流体を内蔵して密閉された構成からなるパイプにおいて、一方端が入熱側、他方端が放熱側とすると、例えば入熱側で加熱されて気化した蒸気がパイプ内を放熱側に移動して、放熱して水となって入熱側に戻る構成からなる。

【0003】ヒートパイプは、熱伝導率が銅材程度であるが、構造が極めて簡単であり、比較的小径でかつ長尺、あるいは折り曲げなどの変形などにも対応できるため、種々の電子機器の放熱用ヒートシンクや、入熱用のデバイスとして利用される。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】高い温度の均一性が要求される恒温槽の用途をはじめ、前記の電子機器の放熱用ヒートシンクや入熱用のデバイスなどの一般的な用途においても、熱の入出反応が早く高性能な熱伝導体が求められている。

【0005】この発明は、従来のヒートパイプと比較して一層熱伝導性にすぐれ、比較的大径のものから数mm程度の極めて小径でかつ長尺、あるいは板状、管状などの種々形状、寸法の熱伝導体を容易に構成できるほか、種々用途の熱交換器を容易に構成できる新規な高性能熱伝導体と熱交換器の提供を目的としている。

【0006】

【課題を解決するための手段】発明者らは、種々断面形

状の管内に挿入配置する伝熱通路体の熱伝導性の向上を目的に種々検討した結果、シリコン基板にトレンチエッチングを施して μm オーダーの溝幅、深さを有する多数の微細溝を設けて、例えば所要幅の線材に分割することにより、シリコン基板から作製した線材径が小さくとも表面には多数の微細溝が形成されているため、膨大な表面積を有することに着目した。

【0007】また、発明者らは、シリコン基板にエッチングにて多数の微細溝を設けてから所要幅の線材や棒材に加工し、さらにこの素材表面を親水性化することにより、素材寸法からは想定できないほどの膨大な表面積の全てを親水性化でき、この親水性表面を有する伝熱通路体をヒートパイプの熱伝導体として用いることで、熱伝導性を著しく向上できることを知見し、この発明を完成した。

【0008】すなわち、この発明は、多数の微細溝が設けられて親水性化した表面を有するシリコン材などの伝熱通路体を内蔵した容器構成で、前記伝熱通路体表面に沿って移動可能に減圧下で保持された気液流体が主な伝熱媒体となることを特徴とする高性能熱伝導体であり、これに受熱手段と放熱手段を設けて熱交換器となしたことを特徴とする。

【0009】

【発明の実施の形態】この発明による熱伝導体と熱交換器は、例えばシリコン材からなる線状、棒状、板状などの伝熱通路体を容器管内に内蔵配置した構成を基本とし、伝熱通路体の表面には、エッチングにて形成される微細溝を多数有し、かつこれらの表面が親水性化されていることを特徴とする。

【0010】この発明において、線状、棒状、板状などの種々形態からなる伝熱通路体の材質には、ガスエッチングにて微細溝が形成できる半導体デバイス用のシリコン基板が採用でき、エッチングの他、レーザーや電子線などのビーム加工にて微細溝が形成できる材料であれば、目的の熱伝導体の形態に応じて公知の金属、合金、ガラスを含むセラミックス、樹脂材のいずれも採用することができる。

【0011】この発明において、伝熱通路体表面に設ける微細溝は、表面積を増大させることが目的であるため、できるだけ溝幅は小さく、深さは深い程良いが、容器の容積や収納する伝熱通路体自体の形態に応じて選定されるとともに、気液の流れを疎外しない溝寸法を選定すると良い。

【0012】この発明において、伝熱通路体の収納容器となる容器管は、目的の熱伝導体の形態に応じて公知の金属、合金、セラミックス、樹脂材のいずれも採用することができ、断面形状も円、楕円、矩形等の種々形状を採用できる。

【0013】この発明において、伝熱通路体表面さらには容器管内の親水性化は、公知の光半導体、例えばアナ

ターゼ型酸化チタン、ルチル型酸化チタンなどを塗布成膜して、これに公知の高温処理、紫外線（UV）照射する方法にて実施する他、公知のいずれの親水性化方法も採用可能である。

【0014】伝熱通路体材料にシリコン基板を採用した場合の微細溝の形成方法、並びに親水性化方法を説明する。公知の半導体デバイスの製造プロセスを用いることにより微細溝加工が可能である。例えば、シリコン基板上にフォトリソグラフィ技術による所望のマスクを形成し、ドライプロセスによるトレンチエッチングを実施する。次にマスク剥離を行い、表面に親水性膜を設けるか、親水性化処理を施す。

【0015】その後、微細溝加工、親水性加工を施したシリコン基板より、線状、棒状、板状などの目的の熱伝導体、熱交換器に応じた種々形状の伝熱通路体を得べく、切断などの機械加工を行う。なお、先にシリコン基板より機械加工で切り出した棒状、板状などの伝熱通路体に、親水性加工を施すことも可能である。

【0016】また、シリコン基板への微細溝加工は、基板の片面はもちろん、両面に設けることが可能である。さらに微細溝加工を施した基板に平坦な基板を載せることで微細溝を管として利用することも可能である。

【0017】親水性化の方法として、CVDや所望のガス雰囲気中の加熱によりSiO₂膜の親水性膜を成膜する方法がある。なお、シリコン酸化膜は本来的に親水性を呈するが、雰囲気や洗浄等で親水性が低下する場合がある。そこで、シリコン酸化膜を設けてこれを熱酸化処理することで親水性化することができる。熱酸化処理条件としては、ドライ酸化、ウェット酸化のいずれでも良く、熱処理温度は100℃程度から可能であるが、あまり低いと処理に時間を要するため、高温のほうが好ましい。

【0018】好ましい熱酸化処理条件は、処理対象材料寸法、膜厚みなどで適宜選定する必要があるが、一例を示すと、ドライ酸化の場合、O₂ 100 sccm、N₂ 100 sccm、600℃程度、ウェット酸化の場合、O₂ 100 sccm、NH₃ 10 sccm、N₂ 100 sccm、600℃程度である。

【0019】また、シリコン基板に対して、ガススイッチングによるトレンチエッチングを行えば、トレンチ側壁に波型形状、すなわちエッチングガスとデポジションガスのスイッチングプロセスによりトレンチの深さ方向（垂直方向）に波型形状が現れ、その波型形状の突起部がサイトとなり、気液による熱伝導の際に気化させ易くなる利点もある。

【0020】さらに今日、マイクロマシニング化の手法で多用されているドライエッチングを用いた異方性エッチングにおいては、半導体デバイスの分野に比べてかなりのエッチング深さが求められ、保護膜でエッチングした側壁面を保護しながら反応を進めることで異方性を達

成している。

【0021】装置例を説明すると、外周部にコイルを配置し、かつ真空ポンプに接続されたエッチングチャンバ内に、所要のガスを導入排気できるシステムを備え、チャンバ内のプラテンに載置した基板を冷却可能にして、プラテンにRF電力を印加し、コイル通電して発生した磁場内に供給された反応ガスがプラズマ化するように構成してある。

【0022】かかる装置において、例えば、SF₆ガスを導入して、リアクティブイオンエッチング（RIE）を行うと、エッチング用のマスクを形成した基板には所定幅及び深さの溝が形成され、この際溝側壁のエッチング速度よりも溝底部のエッチング速度が速く異方性のエッチングが可能となる。

【0023】次に、SF₆ガスの供給を停止し、プラテンにRFを印加せず、C₄F₈ガスを導入することにより、デポジション工程で溝側壁にフッロカーボン膜が堆積、形成される。上記エッチング工程及びデポジション工程を順次繰り返すと、エッチング工程において指向性のあるイオン照射によって溝底部のフッロカーボン膜が除去され、下方へのエッチングが進むことになる。

【0024】なお、上記の異なるプロセスを適宜繰り返す工程からなるプロセスの他、エッチングガスとデポジションガスを同時に流すエッチングプロセスであっても同様である。

【0025】ここで、デポジション膜は主に（CF₂）_nからなるポリマーであるとともに、SF₆が異方性エッチングに使用されるため、O、HおよびSなどの不純物がポリマー中に含まれるものと考えられている。また、ほとんどの薬液等に対して反応性が低く、疎水性であることから、この膜の除去が極めて困難である。

【0026】そこで、主に（CF₂）_nからなるポリマー膜を洗浄、親水性化してエッチング溝より除去するため、当該ポリマー膜にO₂を侵入させて分解、分断除去するか、あるいは分断できなくても、ポリマー中にOを侵入させてH₂Oと水素結合することで、親水性化できる。

【0027】この親水性化のためのO₂の投入方法を検討すると、基材表面を加熱して高温水蒸気処理する方法、同表面を加熱して高温水処理する方法、酸素含有雰囲気で基板表面に、プラズマ処理、EB（電子線）照射処理する方法、UV（紫外線）照射処理する方法、CVD処理する方法、酸洗処理する方法等がある。

【0028】低圧、高密度プラズマでO₂を励起させて、低圧、高密度プラズマでO₂を励起させて、シリコン膜の一部が酸化されて膜中にOが存在し、H₂Oと水素結合することで親水性化する。好ましい低圧、高密度プラズマ処理条件は処理対象の細線材の外径や膜厚みなどで適宜選定する必要があるが、一例としては、O₂ 20 sccm、圧力 10 mT、コイルパワー 600

W、プラズマパワー50W、温度20℃程度である。

【0029】さらに、工業的に簡易な方法として、水蒸気(H₂O-Vapor)を用いることで膜表面の酸化を促進させる。すなわち、基材を水の高温蒸気中で保持することで、膜表面で酸化反応が進み、膜中に取り込まれたOとの水素結合で親水性となる。好ましい高温蒸気処理条件は、処理対象基材の寸法や膜厚みなどで適宜選定する必要があるが、一例としては、150℃以上に加熱した基板上に高温蒸気を送り込み、蒸気温度が基板上で90℃以上を保持するようにすることである。

【0030】UV照射またはEB照射による酸素の含浸処理は、空気あるいは酸素をフローさせながら基板にUV照射またはEB照射するだけの簡単処理で良く、照射ポイントを限定しながら行うとよい。好ましい処理条件は、処理対象の基材の寸法や膜厚みなどで適宜選定する必要があるが、一例としては、UV照射の場合、20mJ/cm²(248nm)、2～5分、EB照射の場合、1A/cm²、1～2分程度である。

【0031】CVD処理による酸素の含浸処理は、公知の常圧CVD、減圧CVD、プラズマCVD、プラズマ酸化などのいずれの処理も採用でき、いずれも酸化させる条件設定であり、処理対象の基材の寸法や膜厚みなどで適宜選定する必要がある。

【0032】一例を示すと、常圧CVDの場合はO₂ 60cc/min、20%SiH₄25cc/min、N₂ 2.0l/min、500℃程度、減圧CVDの場合はO₂ 60cc/min、20%SiH₄ 30cc/min、0.5Torr、650℃程度、プラズマCVDの場合は20%SiH₄ 50sccm、N₂150sccm、200mTorr、RF出力 600W、基板温度350℃、プラズマ酸化の場合はO₂ 200sccm、0.2Torr、RF出力 1kW、60V低電圧。

【0033】酸、特に過酸による触媒反応処理は、例えば、H₂O₂溶液に基板を浸漬して煮沸処理したり、KMnO₄溶液に基板を浸漬して煮沸処理したり、CH₃COOH溶液に基板を浸漬して煮沸処理する方法が採用できる。また、処理時間が長い、80℃以上の温水に浸漬処理、あるいは煮沸処理することもある有効である。

【0034】この発明の熱伝導体の構成としては、円管の容器管1を端面から見た図1Aに示すごとく、前述の方法で例えば、溝幅20μm、溝ピッチ10μm、深さ25μmの多数の微細溝を形成し親水性化した表面を有する棒状シリコン材を伝熱通路体2として挿入する。また、図1Bに示すごとく、矩形断面の容器管3内に伝熱通路体4として、板状シリコン材を用いることができる。

【0035】すなわち、図1A、図1Bに示すごとく、多数の微細溝を形成し親水性化した表面を有する伝熱通路体2、4を容器管1、3内に挿入し、減圧下で例えば

水を入れて容器管1、3の両端を封止することで、前記伝熱通路体2、4表面に沿って移動可能に減圧下で保持された水が主な伝熱媒体となる熱伝導体を構成することができる。この容器管1、3内周面も親水性化した表面とするとよい。

【0036】ここで減圧の程度は、超高真空である必要もなく、特に限定しないが、少なくとも前記の水を所定量注入可能であればよく、また減圧、真空下では水の移動、沸騰もし易くなり、熱伝導に有利である。

【0037】図1Cに示すごとく前記の構成を有する長尺の熱伝導体5の両端にフィン6、7を設けることで、簡単な熱交換器を構成でき、この一端を高温度側、他方を低温側として、例えば高温側が受熱面とすれば、他方の低温側のフィンなどで放熱できるようにすれば、高温側から低温側へ熱を移動させることができる。もちろん、これとは逆に冷熱を移動させることも可能である。

【0038】さらに、容器管1、3内の伝熱通路体2、4を複数にしたり、板状の伝熱通路体を積層して微細溝を微細管として利用し得る。さらには前記の熱伝導体を複数本配列して帯状熱伝導体となしたり、帯状熱伝導体で容器やコイルを作製したり、必要とされる熱伝導体や熱交換器の形態に応じて種々の形状を作製できることは言うまでもない。

【0039】

【実施例】実施例1

半導体デバイスの製造に用いられるシリコン基板を用いて、溝幅50μm、溝ピッチ20μmの微細溝を形成すべく、フォトリソグラフィ技術によりマスクを形成し、ガススイッチングによるトレンチエッチングを行い、溝幅50μmの微細溝を設けた。また、シリコン基板に洗浄エッチングを施したものの、さらには後述する各種の親水性化処理を施した試料を作製し、各膜表面に落とした水の接触角を測定した結果を表1に示す。

【0040】この発明による熱酸化処理として、密閉容器内で、サセプターに載置した前記エッチング処理後の基板に、O₂ 100sccm、N₂ 100sccm、600℃の条件で実施した。

【0041】この発明による低圧・高密度プラズマとして、密閉容器内で、サセプターに載置した前記エッチング処理後の基板に、O₂ 20sccm、圧力 10mT、コイルパワー 600W、プラズマパワー50W、温度20℃の条件で実施した。

【0042】この発明による高温水蒸気処理として、密閉容器内で、サセプターに載置した前記エッチング処理後の基板を150℃に加熱し、外部より高温水蒸気を導入して、基板表面での水蒸気90～100℃となる条件で実施した。

【0043】この発明によるUV照射処理として、炉で酸素を流気させながら、サセプターに載置した前記エッチング処理後の基板に、20mJ/cm²(248n

m)のUVを3分間照射した。

【0044】この発明によるEB照射処理として、炉で酸素を流気させながら、サセプターに載置した前記エッチング処理後の基板に、 1 A/cm^2 のEBを1分間照射した。

【0045】この発明による減圧CVD処理として、 0.5 Torr 、 650°C の密閉容器内で、サセプターに載置した前記エッチング処理後の基板に、 $\text{O}_2\ 60\text{ ccc/min}$ 、 $20\%\text{ SiH}_4\ 30\text{ ccc/min}$ の条件で実施した。

【0046】この発明によるプラズマCVD処理として、 200 mTorr の密閉容器内で、サセプターに載置した前記エッチング処理後の基板を 350°C に加熱し、 $20\%\text{ SiH}_4\ 50\text{ sccm}$ 、 $\text{N}_2\ 150\text{ sccm}$ 、RF出力 600 W の条件で実施した。

【0047】この発明による H_2O_2 溶液煮沸処理として、いわゆる洗浄用ウェーハキャリアに収納した前記エッチング処理後の基板を H_2O_2 溶液を収納した容器に浸漬し、これを煮沸処理した。

【0048】

【表1】

| 処理法 | 接触角 |
|-------------------------------|-------|
| エッチング処理後 | 108.6 |
| 熱酸化処理 | 57 |
| 低圧・高密度プラズマ | 32 |
| 高温水蒸気処理 | 32 |
| UV照射 | 50 |
| EB照射 | 45 |
| プラズマCVD | 50 |
| H_2O_2 溶液煮沸処理 | 67.2 |

【0049】実施例2

実施例1で得られた微細溝を有するシリコン基板を用いて、線材、棒材、板材を切り出した後、これらの素材に実施例1の各親水性化処理を施した。得られた伝熱通路体を種々内径の銅製管に図1Aの如く挿入配置し、水又はエタノールを減圧下で種々量を吸引封入して、種々構成の熱伝導体を作製した。

【0050】多数の構成からなる熱伝導体は、伝熱通路体と銅製管の挿入パターン、空間率、液体量、膜材質、親水性化の違い等により、いずれも得られる熱伝導率が大きく異なるが、少なくとも銅材のみの熱伝導率とはけた違いに大きな 2000 (W/mK) を超える性能が得られた。

【0051】

【発明の効果】この発明は、エッチングにて形成した微細溝を多数有して表面積を著しく増大させ、かつ親水性表面を有する伝熱通路体を、容器用管内に配置して、水を封入したという簡単な構成で、極めて優れた熱伝導特性を有する。

【0052】小径でかつ長尺の熱伝導体を構成できるほか、伝熱通路体を挿入配置した細管を複数束ねたり、配列することで管状や帯状等の種々形状の熱伝導体ユニットを作製し、さらに細管を容易に曲げたりコイル状に成形でき、種々の熱交換器を容易に構成できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】Aは容器管端面からみた伝熱通路体を示す模式図、B、は他の容器管と伝熱通路体の配置例を示す管端面からみた模式図、Cは長尺の熱伝導体を示す説明図である。

【符号の説明】

- 1, 3 容器管
- 2, 4 伝熱通路体
- 5 熱伝導体
- 6, 7 フィン

【図 1】

